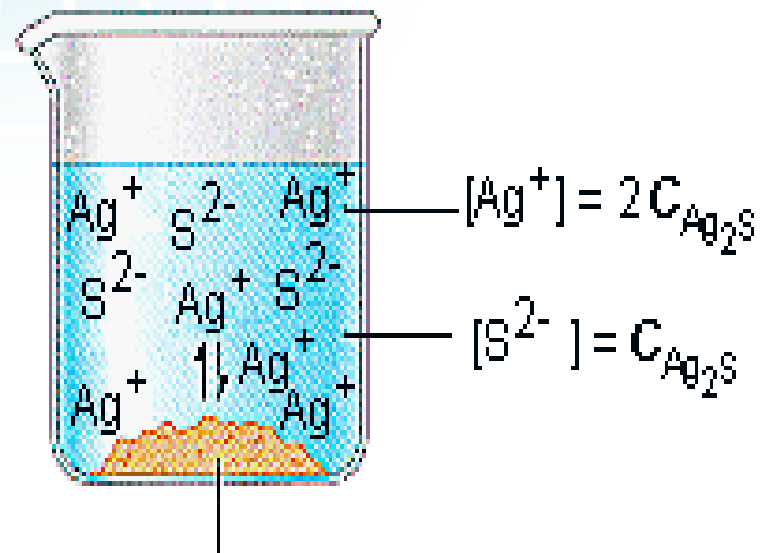
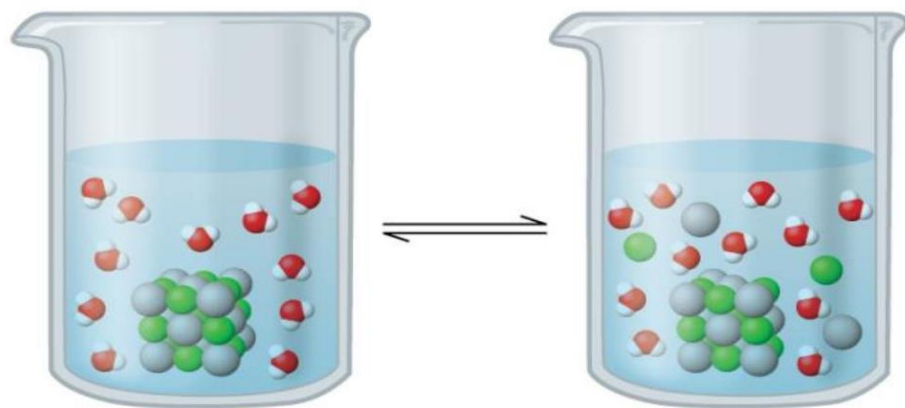


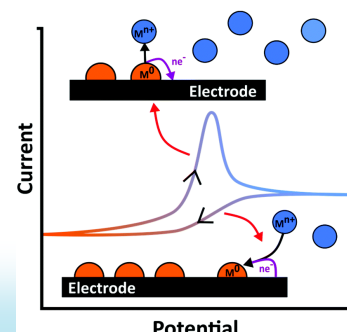
# Solubility Equilibrium for AgCl

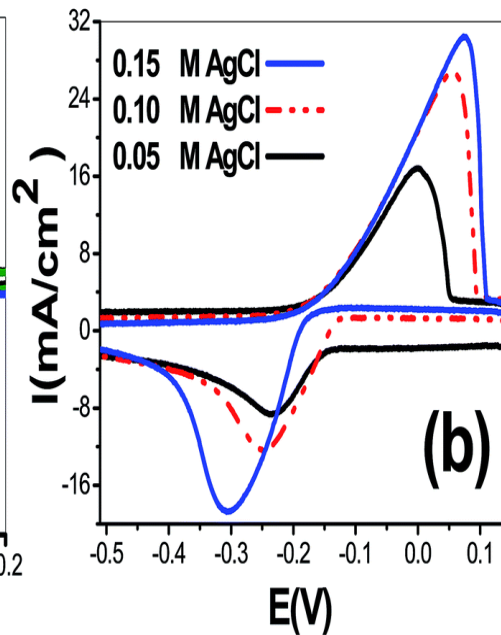
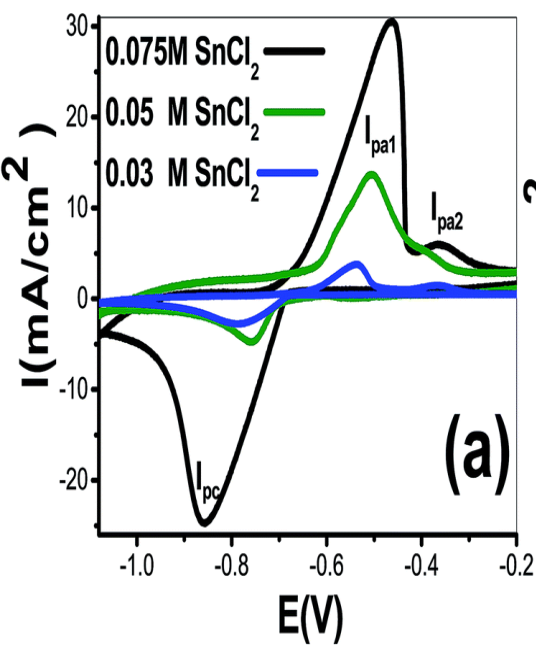
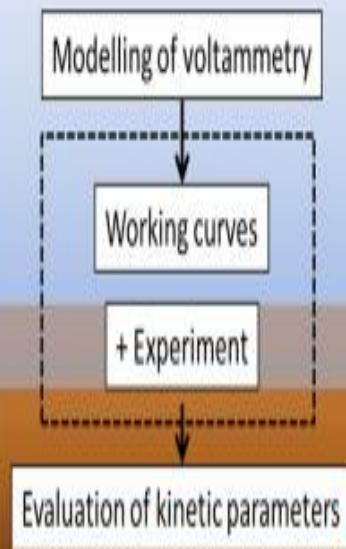
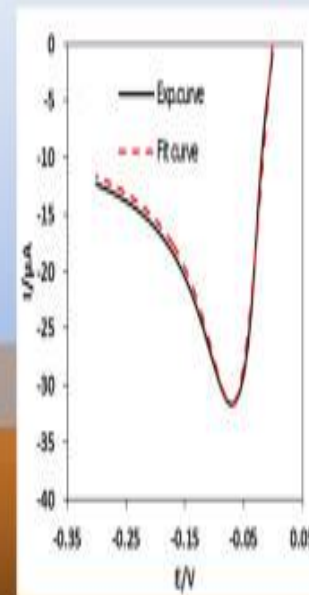
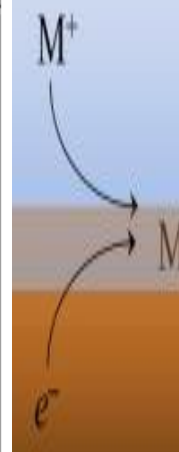
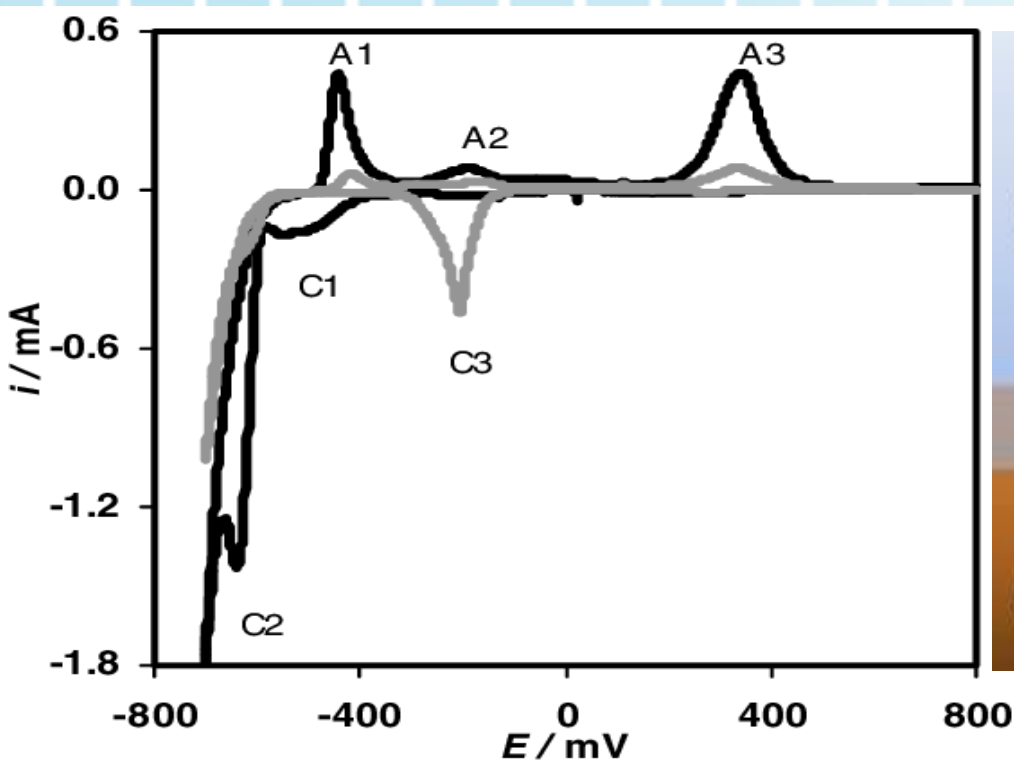


SOLUBILITY PRODUCT-EQUILIBRIA  $Ag_2S(s)$   
 OF SPARINGLY SOLUBLE SALTS IN WATER .  
 APPLICATION OF VOLTAMMETRY IN  
 THERMODYNAMIC and KINETIC  
 CHARACTERIZATION of SPARINGLY SOLUBLE SALTS

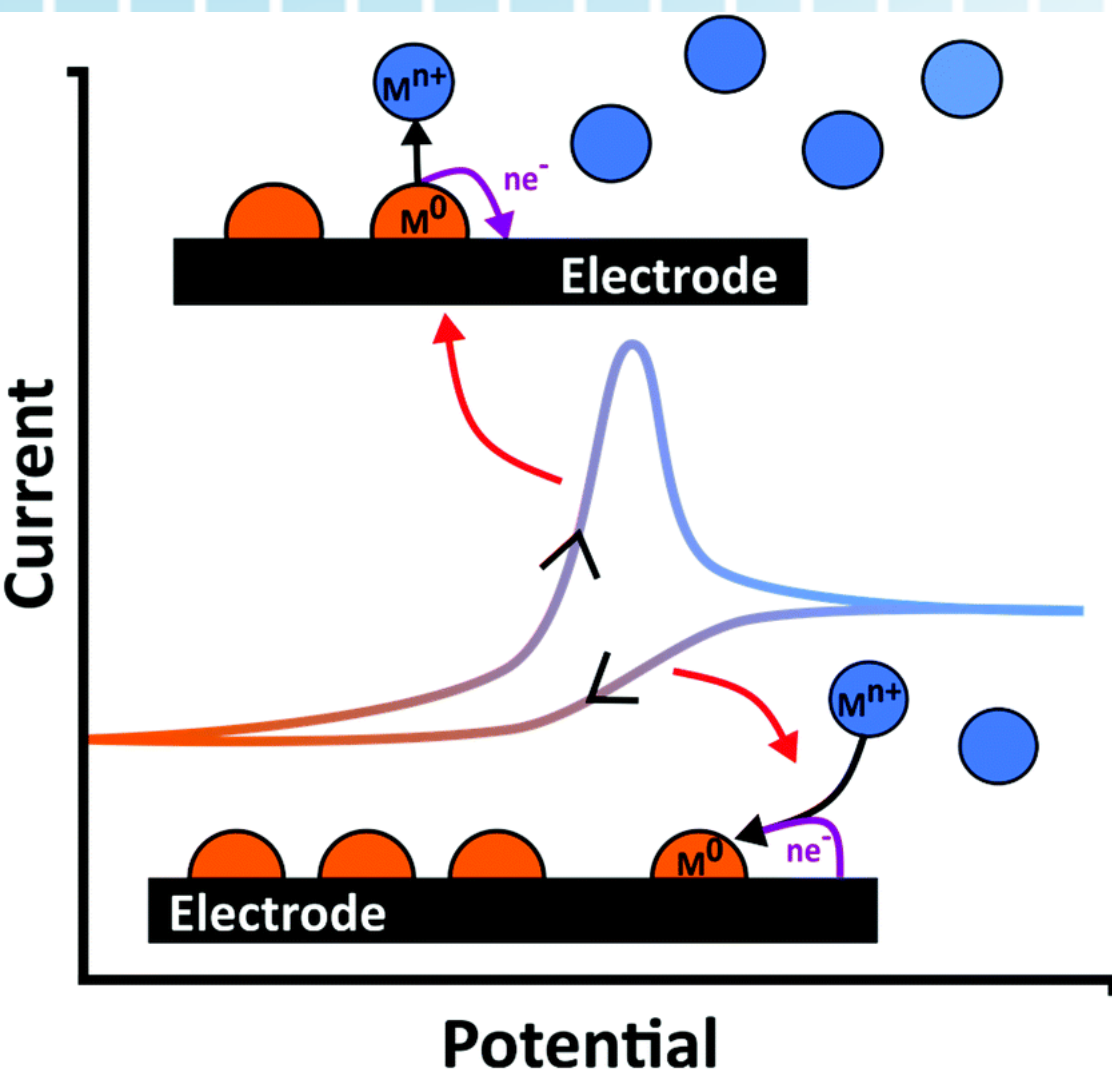
**RUBIN GULABOSKI**

**Goce Delcev University, Stip, Macedonia**



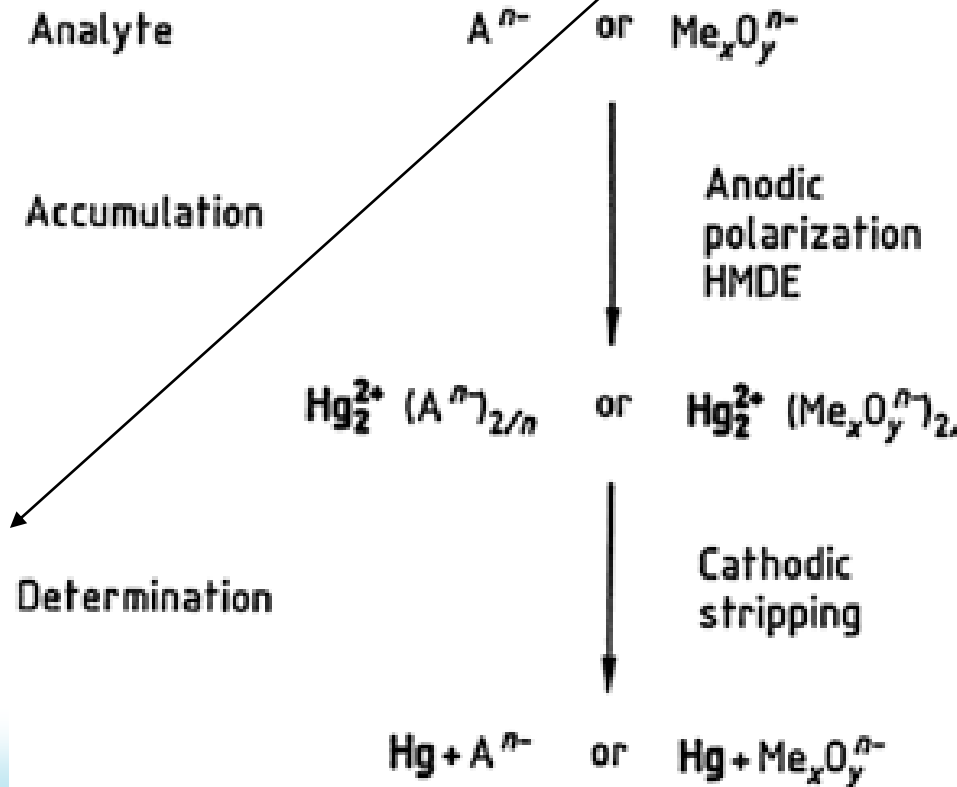
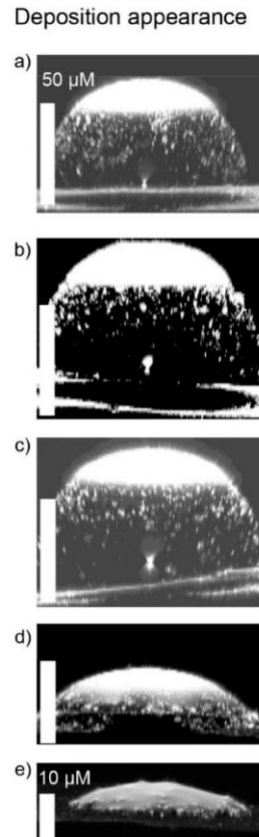
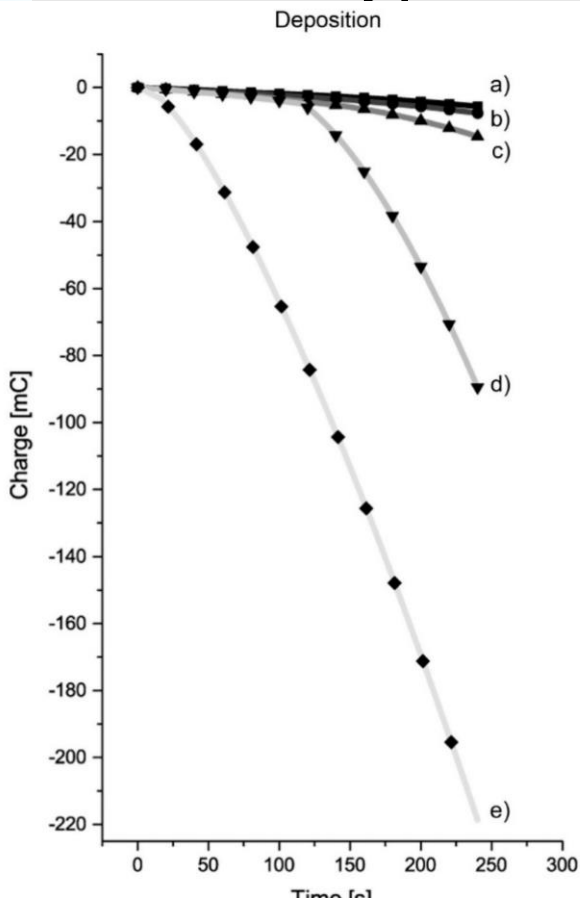


Mercury used as Working electrode  
Is very promising to study Complexation reactions of Mercury with many drugs



Cathodic Stripping Voltammetry of Sparingly Soluble Salts of Mercury Working Electrode Is useful technique To get insight into Kinetic and thermodynamic Parameters of many Important mercury salts

In the first part, we give general elaboration About formation of Sparingly Soluble Salts and Precipitates, while we present Concepts and formulas for calculation of Solubility product  $K_{sp}$  and Solubility of Various Types of Insoluble Salts. Second part is CSV



# РАМНОТЕЖИ ВО РАСТОРИ НА ТЕШКОРАСТВОРЛИВИ ЦВРСТИ СУПСТАНЦИ- ПРОИЗВОД НА РАСТВОРЛИВОСТ

Како е можно да се администрира  
**ОТРОВ БАриум СУЛФАТ**, а да не ни

**Направи штета?**  
Barium сулфат е отров,  
апсорбира зраци, при  
што ткивата што се  
покриени со течности  
ќе се појават како  
светли површини во  
Рентген снимките.



## Производ на растворливост

Оваа физичка величина се однесува на растворливоста (дисоцијацијата)



а тешкорастворливите цврсти супстанции кога се во воден раствор.

→→→ЗА ДА ДОБРО ЈА СОВЛАДАМЕ  
ОВАА ТЕМА, МОРА ДА ЗНАЕМЕ  
НО-МЕН-КЛА-ТУ-РА и дисоцијација на  
соли!!!!

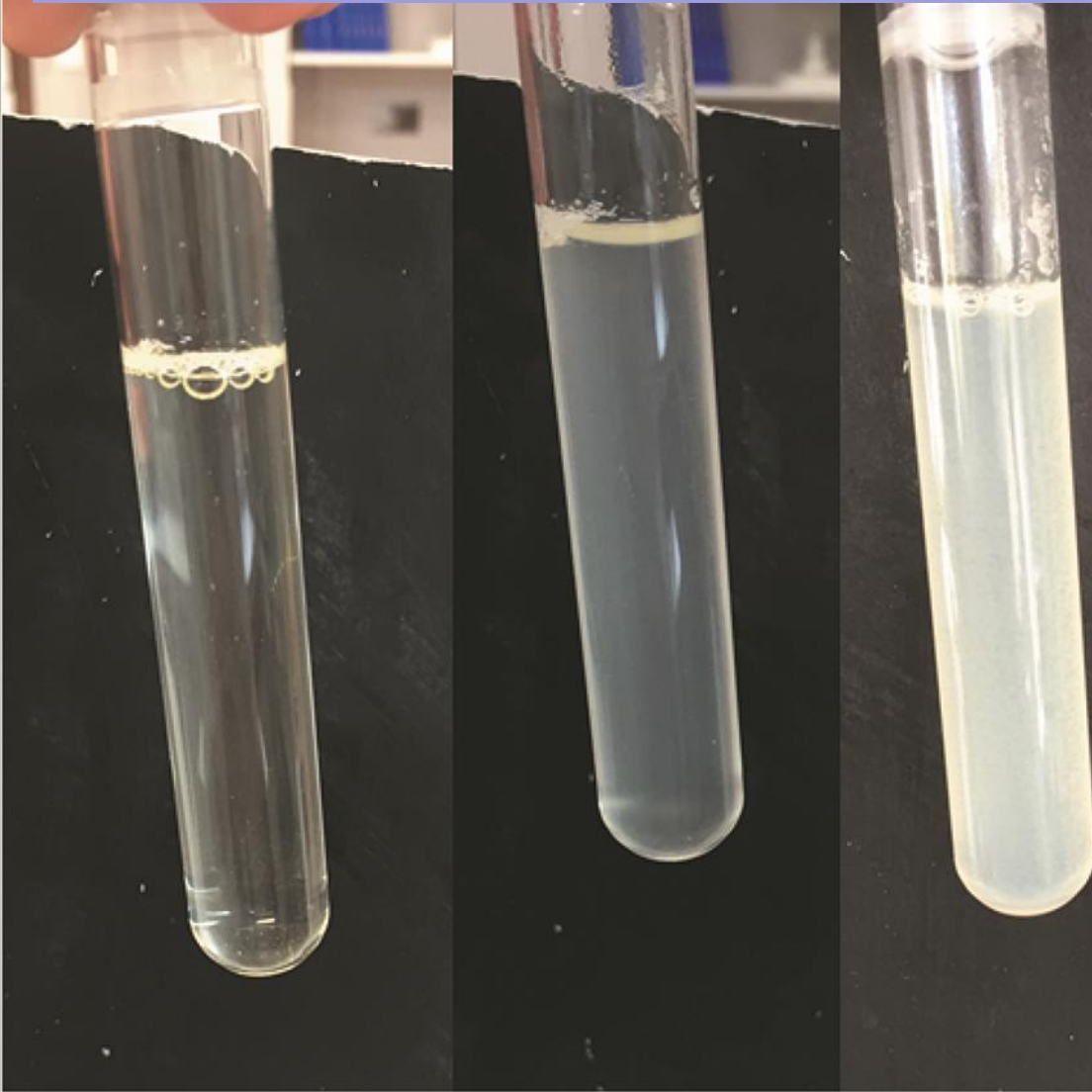


## **ВАЖНОСТ во ФАРМАЦИЈАТА ЗА СТУДИРАЊЕ на РАСТВОРЛИВОСТА И РАМНОТЕЖИТЕ КАЈ ТЕШКОРАСТВОРЛИВИ СОЕДИНЕНИЈА КОГА СЕ ВО РАСТВОР**

- Да се избере најдобар растворувач за даден лек
- Да се избегнат проблемите при подготовка или Синтеза на даден лек
- Да се изберат проблеми при АДМИНИСТРАЦИЈА  
На даден лек кај пациенти (многу лекови, земени во комбинација со други лекови МОЖЕ да се исталожат и да се деактивираат-викаме дека тие Лекови се НЕКОМПАТИБИЛНИ!!!
- Да се процени БИОДОСТАПНОСТА на лековите



# Примери за ХЕМИСКИ НЕКОМПАТИБИЛНИ ЛЕКОВИ ...НЕ СМЕЕ да се ЗЕМААТ ЗАЕДНО--- ќе се деактивираат, исталожат



Примери за такви  
Лекови што НЕ СМЕАТ  
Да се земаат заедно

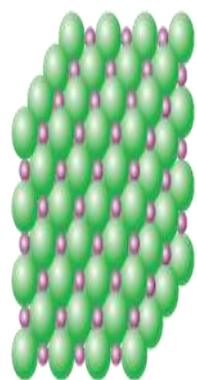
1. Хепарин и антибиотици
2. Мидазолам и Кетамин
3. Ciprooflaxocin и Maalox
4.  $\text{Ca}^{2+}$  и лекови  
Што содржат  
ФОСФАТИ!!!



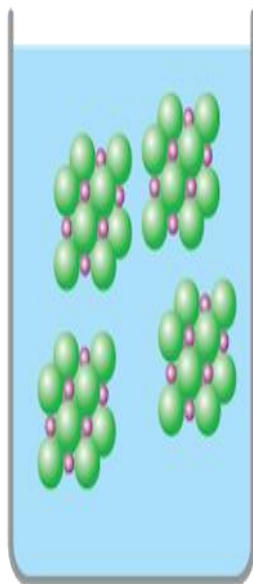
- Да запамтиме дека-НАЈГОЛЕМ ДЕЛ ОД ЈОНСКИТЕ СОЕДИНЕНИЈА што се СОЛИ се ЛЕСНО РАСТВОРЛИВИ ВО ВОДА.
- Пример, 35 g NaCl се раствораат во 100 g вода, што е значајна маса.

● sodium ion

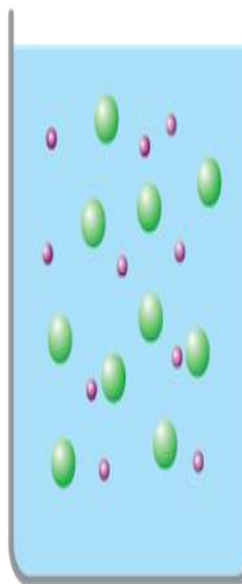
● chloride ion



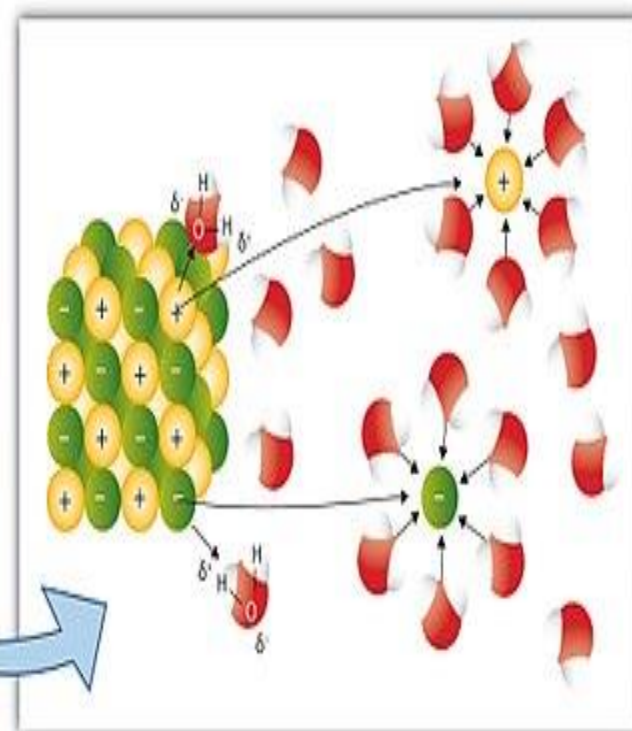
A



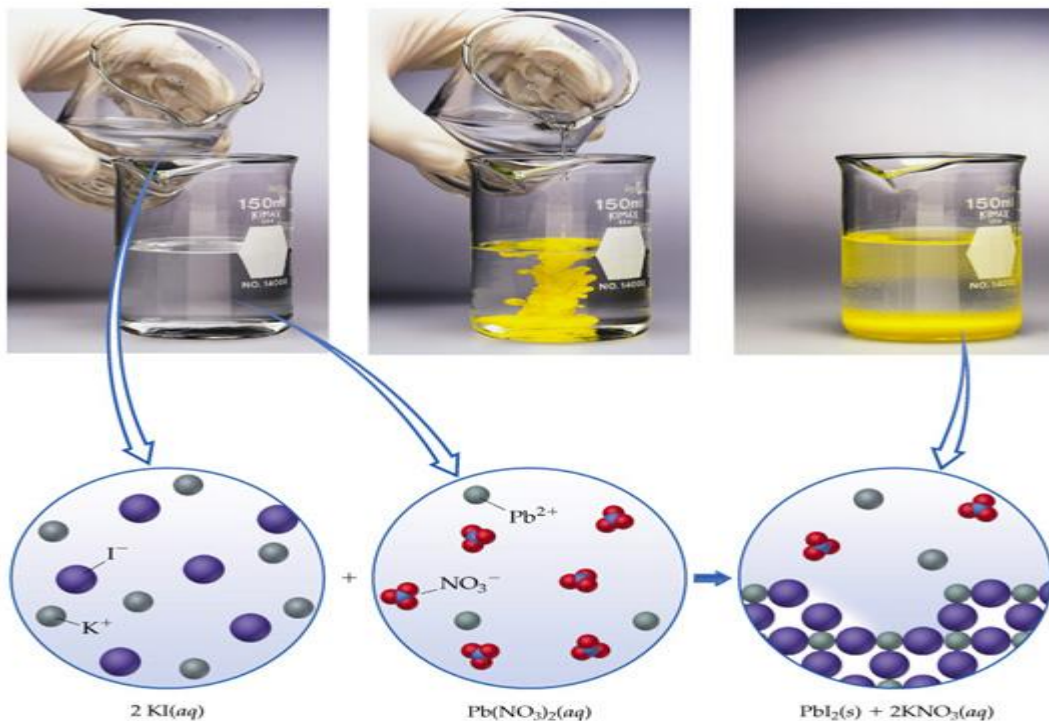
B

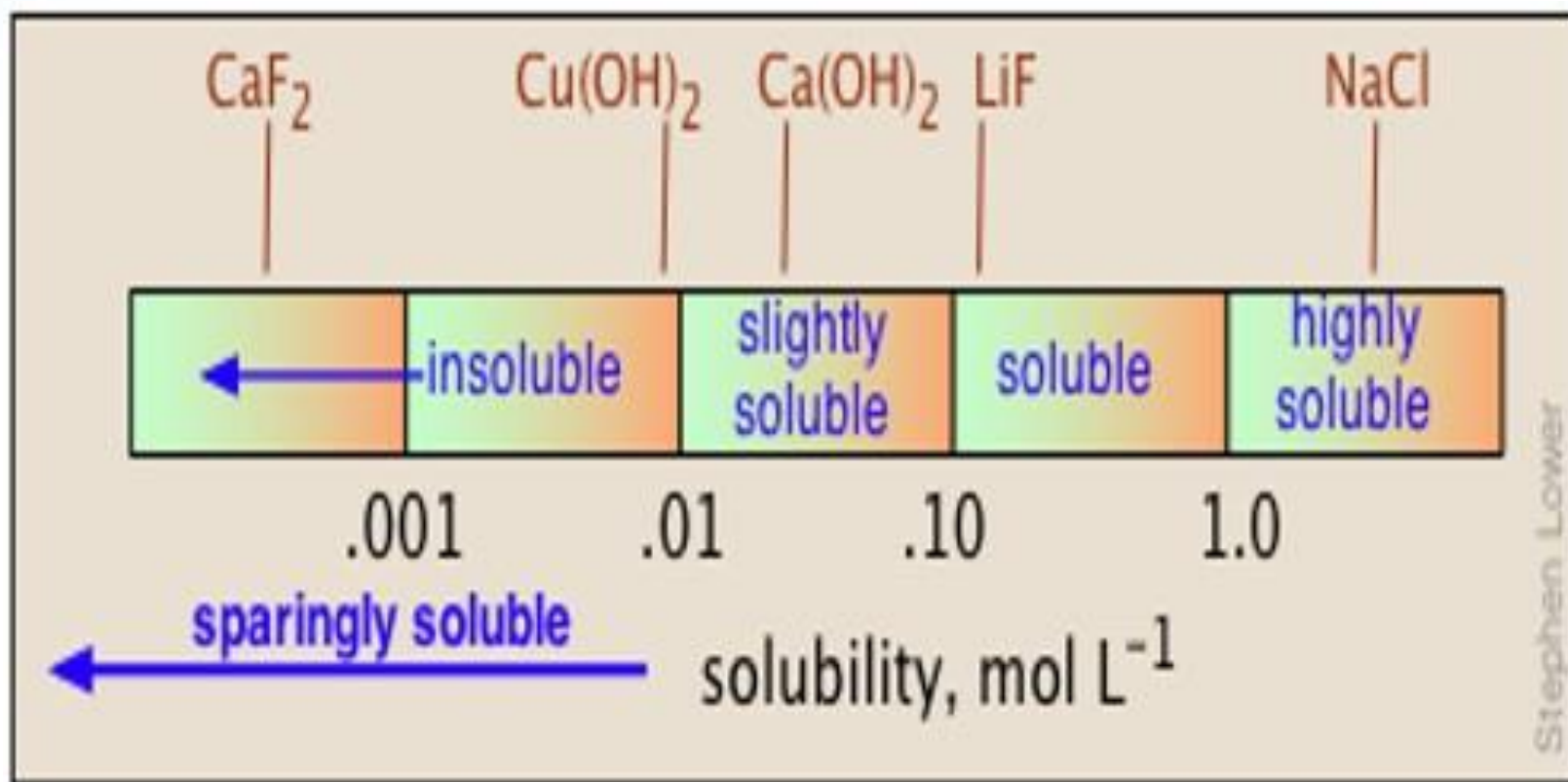


C

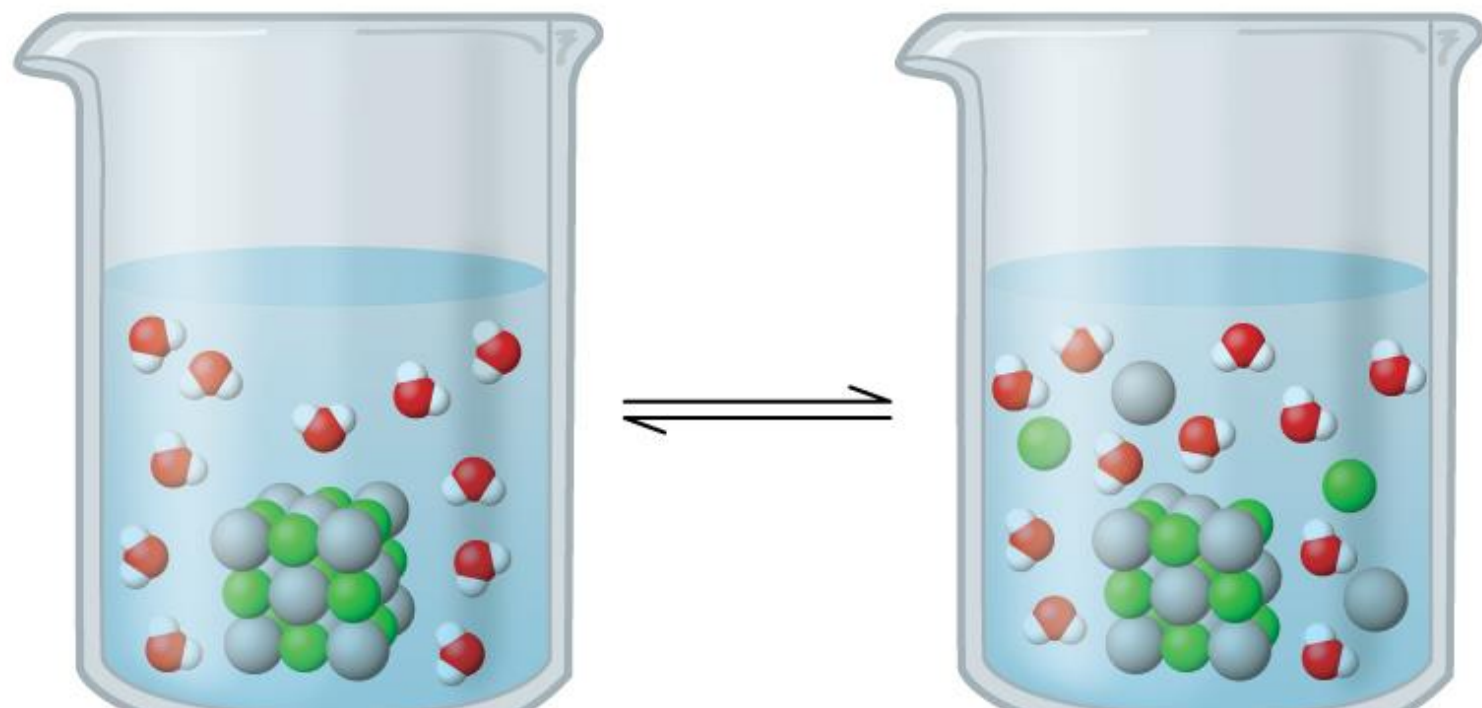


- НО...има голем број на јонски соединенија СОЛИ што МНОГУ МАЛКУ се раствораат во вода
  - Такви соли се фосфатите, сулфатите, карбонатите на земноалкалните и преодните метали, на пример....
  - **Калциум фосфат, магнезиум сулфат, калциум карбонат...**



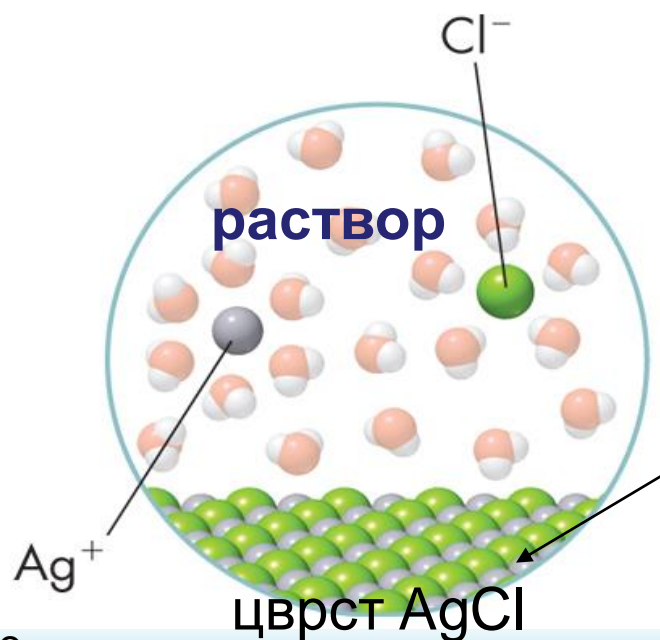


ИАКО за некои јонски соли велиме дека се „нерастворливи,, во вода, СЕПАК и тие можат во МАЛ ДЕЛ да се растворат и да дисоцираат на јони во вода, и да постои РАМНОТЕЖА помеѓу цврстиот нерастворлив дел и дисоцираниот дел на таа сол, како на сликава





Кога една ваква “тешкорастворлива” јонска супстанца, пример  $\text{AgCl}$ , се најде во вода, тогаш мал дел од  $\text{AgCl}$  ќе се раствори во вода и ќе дисоцира

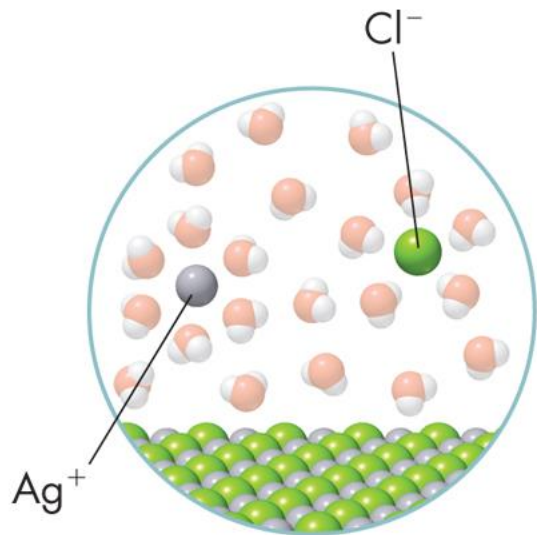


Притоа, се воспоставува РАМНОТЕЖА помеѓу нерастворената цврста фаза ( $\text{AgCl}$ ) и неговите јони во растворот ( $\text{Ag}^+$  и  $\text{Cl}^-$ )





Оваа рамнотежа може да се прикаже со следната реакција



За оваа рамнотежа, константата на рамнотежа  $K_{eq}$  е дефинирана со изразот

$$K_{eq} = \frac{[\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]}$$

Со цел да се спореди РАСТВОРЛИВОСТА, на различните соли, корисно е да се има некоја физички параметар (некоја константа) чија вредност ќе ни кажува за концентрацијата на растворените јони во раствор.

- Оваа константа се вика ПРОИЗВОД на РАСТВОРЛИВОСТ или на engl. **solubility product constant** ( $K_{sp}$ ).
- $K_{sp}$  се дефинира како производ од РАМНОТЕЖНИТЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА ДИСОЦИРАНИТЕ ЈОНИ, СЕКОЈА СТЕПЕНУВАНА на нејзиниот СТЕХИОМЕТРИСКИ КОЕФИЦИЕНТ. Пример за сол од типот „AB” и за рамнотежата на таа сол,  **$K_{sp}$**  ќе се дефинира како:



$$K_{sp} = [A]^a \times [B]^b$$

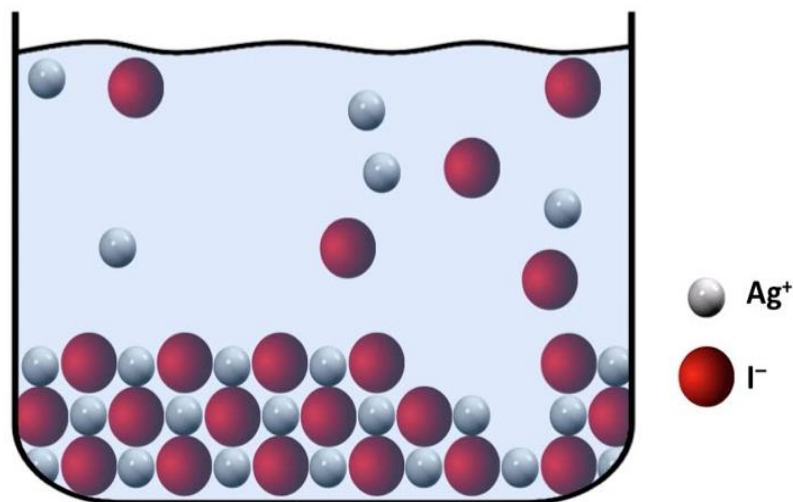
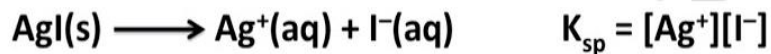
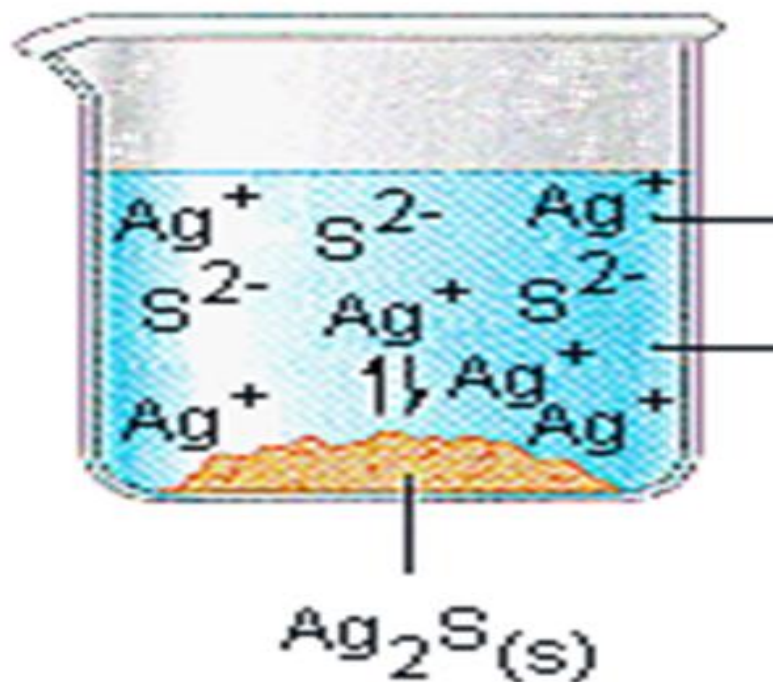




## **ЗАПАМТИ::::**

**Колку е ПОМАЛА БРОЈНАТА  
вредност на  $K_{sp}$ , толку е  
ПОМАЛА и РАСТВОРЛИВОСТА  
НА ТЕШКОРАСТВОРЛИВОТО  
ЦВРСТО СОЕДИНЕНИЕ**

- ЗАПАМТИ: Кај овие РАМНОТЕЖНИ ПРОЦЕСИ, ДОКОЛКУ се знае вредноста на производот на растворливост  $K_{sp}$ , тогаш преку тој податок и преку РАВЕНКАТА НА ДИСОЦИЈАЦИЈА на таа тешко растворлива сол, МОЖЕ да се пресмета РАСТВОРЛИВОСТА т.е. Рамнотежните моларни концентрации на дисоцираните јони што ќе бидат присутни во водениот раствор



Во табелата се дадени  $K_{sp}$  вредностите за некои важни соли што се сите тешко растворливи во вода

Solubility Product Constants ( $K_{sp}$ ) на 25°C							
Јонски соли	$K_{sp}$	Јонски соли	$K_{sp}$	Јонски соли	$K_{sp}$		
<b>Halides</b>		<b>Sulfates</b>		<b>Hydroxides</b>			
AgCl	$1.8 \times 10^{-10}$	PbSO <sub>4</sub>	$6.3 \times 10^{-7}$	Al(OH) <sub>3</sub>	$3.0 \times 10^{-34}$		
AgBr	$5.0 \times 10^{-13}$	BaSO <sub>4</sub>	$1.1 \times 10^{-10}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$3.0 \times 10^{-16}$		
AgI	$8.3 \times 10^{-17}$	CaSO <sub>4</sub>	$2.4 \times 10^{-5}$	Ca(OH) <sub>2</sub>	$6.5 \times 10^{-6}$		
PbCl <sub>2</sub>	$1.7 \times 10^{-5}$	<b>Sulfides</b>		Mg(OH) <sub>2</sub>	$7.1 \times 10^{-12}$		
PbBr <sub>2</sub>	$2.1 \times 10^{-6}$			Fe(OH) <sub>2</sub>	$7.9 \times 10^{-16}$		
PbI <sub>2</sub>	$7.9 \times 10^{-9}$			<b>Carbonates</b>			
PbF <sub>2</sub>	$3.6 \times 10^{-8}$					CaCO <sub>3</sub>	$4.5 \times 10^{-9}$
CaF <sub>2</sub>	$3.9 \times 10^{-11}$					SrCO <sub>3</sub>	$9.3 \times 10^{-10}$
<b>Chromates</b>						ZnCO <sub>3</sub>	$1.0 \times 10^{-10}$
						Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$8.15 \times 10^{-12}$
						BaCO <sub>3</sub>	$5.0 \times 10^{-9}$
PbCrO <sub>4</sub>	$1.8 \times 10^{-14}$	NiS	$4.0 \times 10^{-20}$				
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1.2 \times 10^{-12}$	CuS	$8.0 \times 10^{-37}$				
		Ag <sub>2</sub> S	$8.0 \times 10^{-51}$				
		ZnS	$3.0 \times 10^{-23}$				
		FeS	$8.0 \times 10^{-19}$				
		CdS	$1.0 \times 10^{-27}$				
		PbS	$3.0 \times 10^{-28}$				

Како ќе ја пресметаме концентрацијата на јоните што се добиле со растворање од тешкорастворливото соединение?

**Пример:** Која е концентрацијата на  $\text{Pb}^{2+}$  јоните добиени при дисоцијација на тешкорастворливото соединение Олово (II) хромат  $\text{PbCrO}_4$  на  $25^\circ\text{C}$ ?

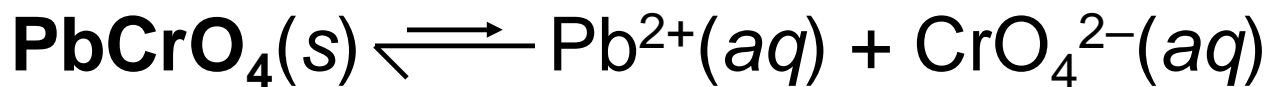
Дадено е од литература дека

$$K_{\text{sp}} (\text{PbCrO}_4) = 1.8 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$$



**1** **Како постапуваме** Прво: што е познато а што не.  
Знаеме рамнотежна реакција и вредност на  $K_{sp}$

$$K_{sp} = 1.8 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$$



**Што не знаеме? Не ги знаеме концентрациите на дисоцираните јони од оваа сол t.e.**

$$[\text{Pb}^{2+}] = ?$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = ?$$

При решавање, **НАЈПРВО НАПИШИ ја**

**ДЕФИНИЦИЈАТА ЗА  $K_{sp}$**  за оваа сол, а потоа со  
едно и пол око потоа гледај во реакцијата по

## 2 ПРЕСМЕТКИ

- Почни со општата формула за  $K_{sp}$  за сол „ $A_aB_b$ ”

$$K_{sp} = [A]^a \times [B]^b$$

Кај оваа сол  $PbCrO_4$  и за двата јони  $Pb^{2+}$  и  $CrO_4^{2-}$  експонентот им е 1.

- Сега напиши ја КОНКРЕТНАТА формула за  $K_{sp}$  за оваа тешкорастворлива сол  $PbCrO_4$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}] \times [CrO_4^{2-}] = 1.8 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$$

*Од рамнотежната реакција за оваа сол*



Гледаме дека во рамнотежа  
 $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{CrO}_4^{2-}]$  па согласно,  
 ако замениме во

Во рамнотежа,  
 $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{CrO}_4^{2-}]$ .

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{CrO}_4^{2-}] = 1.8 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$$

Ќе добиеме...

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{Pb}^{2+}] = [\text{Pb}^{2+}]^2 = 1.8 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$$

Или

$$[\text{Pb}^{2+}]^2 = 1.8 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$$



## 2 Решаваме од претходна страна...

$$[\text{Pb}^{2+}]^2 = 1.8 \times 10^{-14} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}$$

Сега прво ќе решиме за рамнотежната концентрација на  $[\text{Pb}^{2+}]$

$$[\text{Pb}^{2+}] = \sqrt{1.8 \times 10^{-14}} = 1.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

...а бидејќи видовме дека  $[\text{Pb}^{2+}] = [\text{CrO}_4^{2-}]$

Следи дека ...

$$[\text{Pb}^{2+}] = [\text{CrO}_4^{2-}] = 1.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

# I. ОПШТИ ПРЕСМЕТКИ ЗА ПРОИЗВОД НА РАСТВОРЛИВОСТ на тешкорастворливи соли од тип „AB“

1. За тешкорастворливи соединенија од типот „AB“ ( $\text{AgCl}$ ,  $\text{PbCrO}_4$ ) што при дисоцијација даваат еден „A„ катјон и еден „B“ анјон ---кај сите случаи што ќе ги обработиме, ќе ги занемариме полнежите. Реакцијата на рамнотежа за ова тешко растворливо соединение ќе биде



...Или при дисоцијација на оваа сол „AB„ се добиваат ист број на јони од „A„ и од „B„. Или, дефинираме (бидејќи не го знаеме колкав е тој број на дисоцирани јони) дека:

→ ПРИБИ ДИСОЦИЈАЦИЈА од тешкорастворливото соединение AB се добиваат „S“ јони од тип „A„ и „S“ јони од „B„. Ова „S„ се нарекува РАСТВОРЛИВОСТ на тешкорастворливото соединение „AB„.

Сега, изразот за  $K_{\text{sp}}$  на оваа сол, што гласи  $K_{\text{sp}} = [\text{A}]^1 \times [\text{B}]^1$

Ќе може да ја напишеме како:

$$K_{\text{sp}} = \text{S} \times \text{S} = \text{S}^2$$

Оттука  $\boxed{\text{S} = \sqrt{K_{\text{sp}}}}$  Ова е формула за растворливоста „S“ за тешко-растворлива сол од тип 1:1 или сол од тип „AB“

## II. ОПШТИ ПРЕСМЕТКИ ЗА ПРОИЗВОД НА РАСТВОРЛИВОСТ на тешкорастворливи СОЛИ ---од типот „ $A_2B$ “ или „ $AB_2$ “,

2. За тешкорастворливи соединенија од типот „ $A_2B$ “ или „ $AB_2$ “, што при дисоцијација даваат два „ $A$ “, катјони и еден „ $B$ “ анјон Или обратно....

Реакцијата на рамнотежа за тешко растворливо соединение  $A_2B$  е



...Или при дисоцијација на оваа сол „ $A_2B$ “, се добиваат „ $2S$ “ јони од тип „ $A$ “, и „ $S$ “ јони од „ $B$ “.

Сега, ако во изразот за  $K_{sp}$  на оваа сол, што гласи  $K_{sp} = [A]^2 \times [B]^1$

Замениме „ $2S$ “, наместо „ $A$ “, и „ $S$ “, на местото на „ $B$ “, во последна Формула ќе добиеме

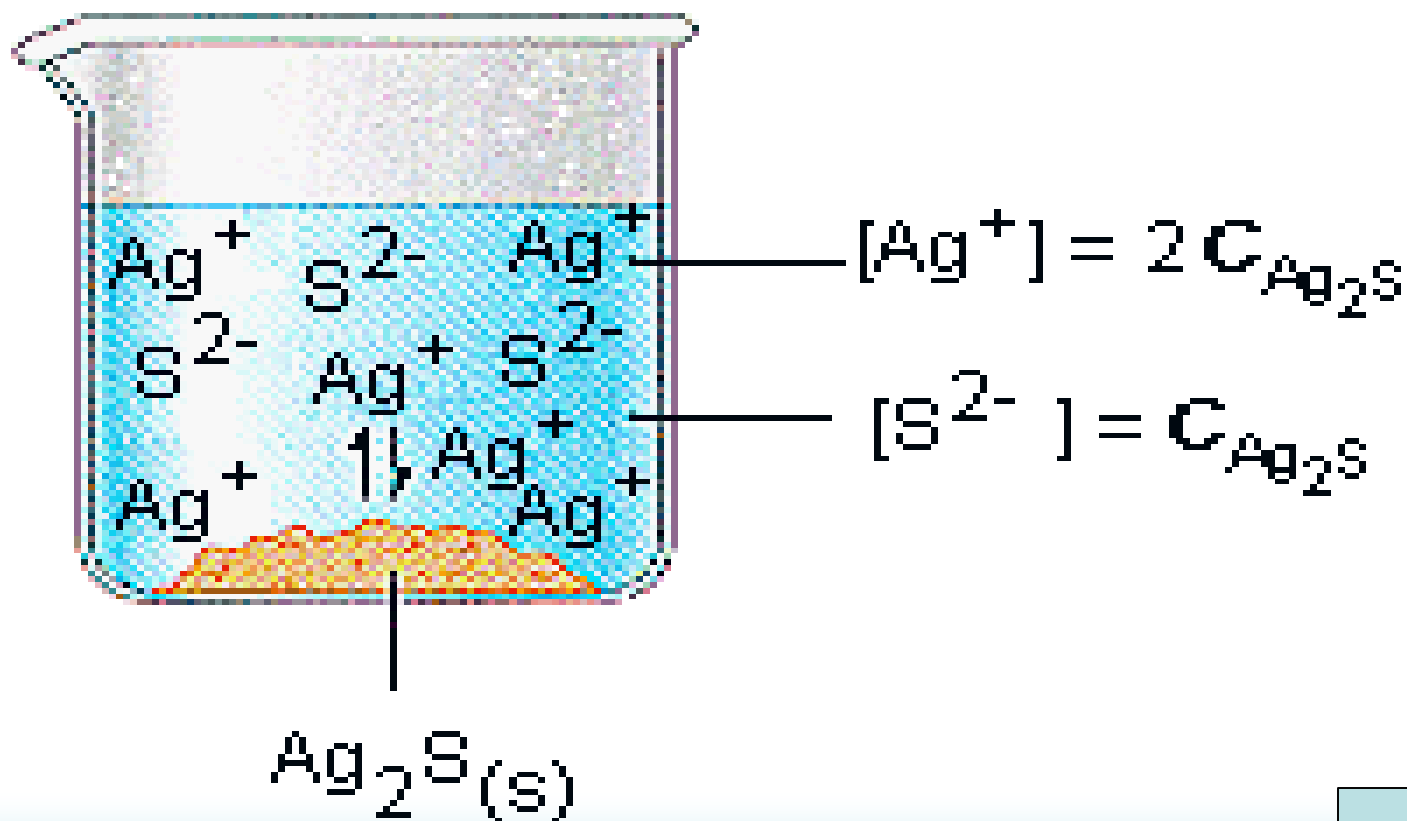
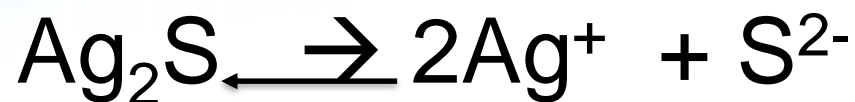
$$K_{sp} = (2S)^2 \times S^1 = 4S^3$$

Оттука

$$S = \sqrt[3]{K_{sp}/4}$$

Ова е формула за растворливоста „ $S$ “ за тешкорастворлива сол од тип 2:1 или 1:2 или соли од тип „ $A_2B$ “ и „ $AB_2$ “, Пр.  $CaF_2$ ;  $Cu_2S$ ;  $Ag_2SO_4$ ;  $PbCl_2$  ....

ВИЗУЕЛЕН ПРИКАЗ ЗА РАМНОТЕЖА и РАСТВОРЛИВОСТ  
на тешкорастворливи СОЛИ ---од типот „ $A_2B$ “ или „ $AB_2$ “



### III. ОПШТИ ПРЕСМЕТКИ ЗА ПРОИЗВОД НА РАСТВОРЛИВОСТ на тешкорастворливи соли од тип- „ $A_3B$ “ или „ $AB_3$ “

2. За тешкорастворливи соединенија од типот „ $A_3B$ “ или „ $AB_3$ “, што при дисоцијација даваат три „ $A$ “, катјони и еден „ $B$ “ анјон Или обратно....

Реакцијата на рамнотежа за тешко растворливо соединение  $A_2B$  е



...Или при дисоцијација на оваа сол „ $A_3B$ “, се добиваат „ $3S$ “ јони од тип „ $A$ “, и „ $S$ “ јони од „ $B$ “.

Сега, ако во изразот за  $K_{sp}$  на оваа сол, што гласи  $K_{sp} = [A]^3 \times [B]^1$

Замениме „ $3S$ “, наместо „ $A$ “, и „ $S$ “, на местото на „ $B$ “, во последна формула, тогаш ќе добиеме

$$K_{sp} = (3S)^3 \times S^1 = 27 \times S^4$$

Оттука

$$S = \sqrt[4]{K_{sp}/27}$$

Ова е формула за растворливоста „ $S$ “ за тешкорастворлива сол од тип 3:1 или 1:3 или соли од тип „ $A_3B$ “ и „ $AB_3$ “, Пр.  $Al(OH)_3$ ;  $Co(OH)_3$ ;  $Ag_3PO_4$ ;  $Cu_3PO_4$ ; ....

#### IV. ОПШТИ ПРЕСМЕТКИ ЗА ПРОИЗВОД НА РАСТВОРЛИВОСТ на тешкорастворливи соли од тип- „ $A_2B_3$ “ или „ $A_3B_2$ “

2. За тешкорастворливи соединенија од типот „ $A_3B$ “ или „ $AB_3$ “, што при дисоцијација даваат три „ $A$ “, катјони и еден „ $B$ “ анјон Или обратно....

Реакцијата на рамнотежа за тешко растворливо соединение  $A_2B$  е



...Или при дисоцијација на оваа сол „ $A_3B$ “, се добиваат „ $2S$ “ јони од тип „ $A$ “, и „ $3S$ “ јони од „ $B$ “.

Сега, ако во изразот за  $K_{sp}$  на оваа сол, што гласи  $K_{sp} = [A]^2 \times [B]^3$

Замениме „ $2S$ “, наместо „ $A$ “, и „ $3S$ “, на местото на „ $B$ “, во последна формула, тогаш ќе добиеме

$$K_{sp} = (2S)^2 \times (3S)^3 = 4S^2 \times 27S^3 = 108S^5$$

Оттука

$$S = \sqrt[5]{K_{sp}/108}$$

Ова е формула за растворливоста „ $S$ “ за тешкорастворлива сол од тип

3:2 или 2:3 или 1:4 соли од тип „ $A_3B_2$ “ и „ $A_2B_3$ “, и „ $AB_4$ “

Пр.  $Al_2S_3$ ;  $Ca_3(PO_4)_2$ ;  $Mg_3(PO_4)_2$ ;  $MnF_4$ ; ...

# ФАКТОРИ ШТО ВЛИЈААТ ВРЗ РАСТВОРЛИВОСТА НА ТЕШКО РАСТВОРЛИВИ СОЕДИНЕНИЈА

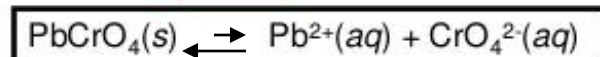
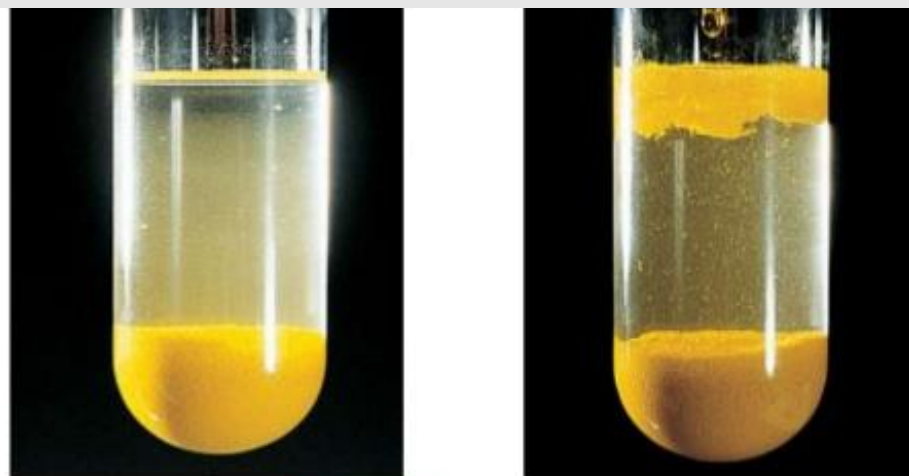
→→→ Заеднички Јон како некој од јоните  
што се креирани со дисоцијација на  
тешкорастворливата сол

→→→ pH

→→→ Температура



# Влијание на ЗАЕДНИЧКИ ЈОН врз РАСТВОРЛИВОСТА На тешкорастворливи соли



If Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> solution is added to a saturated solution of PbCrO<sub>4</sub>, it

Ако кон оваа рамнотежа што постои во левата епрувета додадеме ОДНАДВОР во растворот ЗАЕДНИЧКИ ЈОН пр  $\text{CrO}_4^{2-}$  како еден од јоните што е добиен со дисоцијација на тешкорастворливата сол, тогаш РАСТВОРЛИВОСТА НА ТАЛОГОТ ЌЕ СЕ НАМАЛИ (според принципот на Le Chatelier) рамнотежата ќе се помести во насока спротивна на внесената промена

## Еффект на заеднички јон

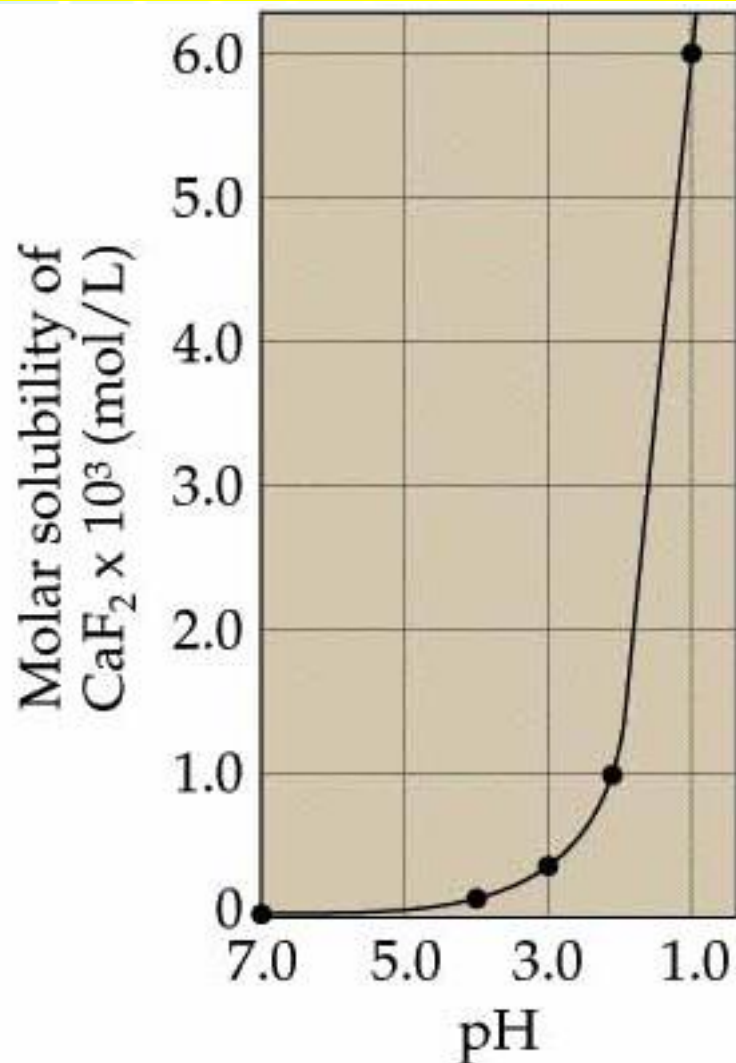


1. Жолтиот талог е  $\text{PbCrO}_4$ , и растворот на жолтиот талог е ЗАСИТЕН со  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{CrO}_4^{2-}$  јони добиени со дисоцијацијата на  $\text{PbCrO}_4$



2. НО, ако се додаде во левата епрувета  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , тогаш вишокот на додадени  $\text{Pb}^{2+}$  јони ќе реагираат со ДИСОЦИРАНИТЕ chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$  јони од растворот и тоа ќе доведе до креирање на дополнителен цврст талог од  $\text{PbCrO}_4$ .

# 3 рН МОЖЕ да влијае исто така 2 врз растворливоста на тешкорастворливите соединенија



Ако се додаде  $\text{H}^+$  (пр.  $\text{HCl}$ )

Таа може да реагира со

Флуоридните јони  $\text{F}^-$

Добиени со дисоцијацијата на

$\text{CaF}_2$  и да се формира  $\text{HF}$ ...а тоа

ќе доведе до

**ПОГОЛЕМА РАСТВОРЛИВОСТ**

на талогот од  $\text{CaF}_2$





Колку е ПОМАЛА вредноста на  $K_{sp}$ , толку е ПОМАЛА и растворливоста на дадено тешкорастворливо соединение (најчесто сол).



ЦВРСТ ТАЛОГ ќе се формира помеѓу два јони, САМО ДОКОЛУ ПРОИЗВОДОТ на моларните концентрации на тие два јони што сме ги додале во раствор е поголем од вредноста на  $K_{sp}$  за тоа тешкорастворливо соединение (талог)



*Вредноста на  $K_{sp}$  ОПШТО се дефинира како*

$$K_{sp} = [A]^a \times [B]^b$$

- **ЗАЕДНИЧКИ ЈОН**: додавањето ОДНАДВОР на јон што е заеднички со еден од јоните што се добиле со дисоцијација на тешкорастворливото соединение, доведува до НАМАЛУВАЊЕ НА РАСТВОРЛИВОСТА на таа тешкорастворлива супстанца
- **pH МОЖЕ да влијае врз растворливоста на некои цврстите тешкорастворливи супстанции:**

НЕКОИ ПРИМЕРИ И ЗАДАЧИ  
ОД  
ПРОИЗВОД НА РАСТВОРЛИВОСТ  
И  
РАМНОТЕЖИ НА  
ТЕШКОРАСТВОРЛИВИ СОЕДИНЕНИЈА  
ВО ВОДЕНИ РАСТВОРИ

ТЕШКА. Пресметај ја концентрацијата на  $[Ca^{2+}]$  што се потребни за за се формира талог од  $Ca_3(PO_4)_2$  од раствор кој содржи фосфатни јони во концентрација од  $1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ?  $K_{sp} Ca_3(PO_4)_2 = 1 \times 10^{-33} \text{ mol}^5/L^5$



$$K_{sp} = 1 \times 10^{-33} = [Ca^{2+}]^3 [PO_4^{3-}]^2 = [Ca^{2+}]^3 [1 \times 10^{-5}]^2$$

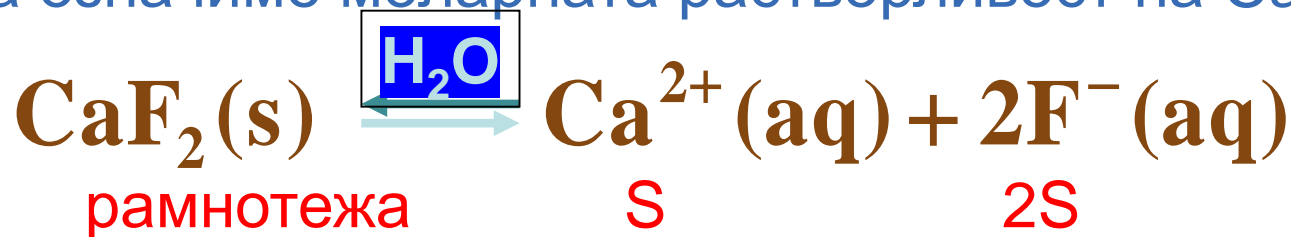
$$\sqrt[3]{[Ca^{2+}]^3} = \frac{1 \times 10^{-33}}{[1 \times 10^{-5}]^2} = \sqrt[3]{1 \times 10^{-23}}$$

$$[Ca^{2+}] = 2 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

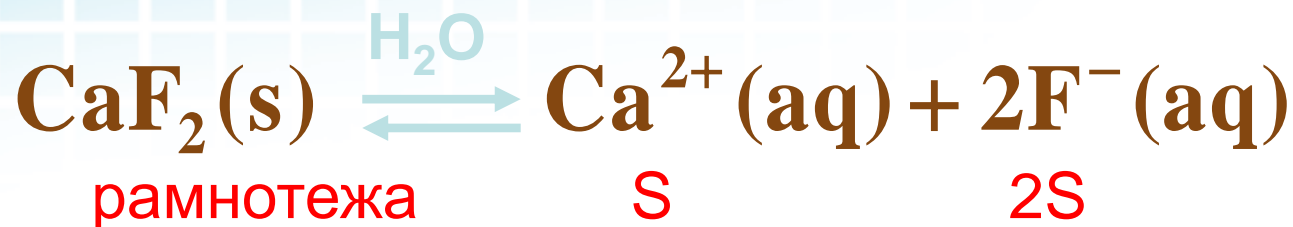


Калциум флуорид е состојка што се користи во паста за орална хигиена и има формула  $\text{CaF}_2$ . Пресметај ја растворливоста  $S$  ако ако  $K_{sp}$  на  $\text{CaF}_2$  е  $K_{sp} = 3.4 \times 10^{-11} \text{ mol}^3/\text{L}^3$

- со „ $S$ „ да ја означиме моларната растворливост на  $\text{CaF}_2$ .



$$3a \text{ CaF}_2 K_{sp} = 3.4 \times 10^{-11} \text{ mol}^3/\text{L}^3$$



— Сега заменуваме во изразот за  $K_{sp}$ ...

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^{-}]^2$$

$$3.4 \times 10^{-11} = (s)(2s)^2 = (s)(4s^2) = 4s^3$$

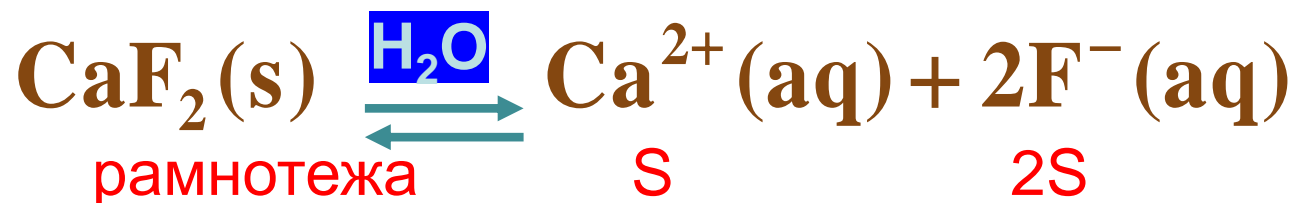
$$3.4 \times 10^{-11} = 4s^3$$

$$4s^3 = 3.4 \times 10^{-11}$$

$$s^3 = \frac{3.4 \times 10^{-11}}{4}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{3.4 \times 10^{-11}}{4}} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} = [\text{Ca}^{2+}] = [\text{CaF}_2]$$

забелешка  $[\text{F}^-] = 2s = 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

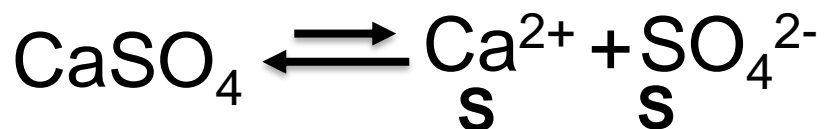


## Реши ги задачите:

1. Колкава е вкупната растворливост во раствор на тешкорастворливото соединение  $\text{PbI}_2$

$K_{sp}$  на  $\text{PbI}_2$  е  $K_{sp} = 7.9 \times 10^{-9} \text{ mol}^3\text{L}^{-3}$

2. Ако 100 mL од 0.100 mol/L  $\text{Ca}^{2+}$  јони и 100 mL од 0.0400 mol/L  $\text{SO}_4^{2-}$  (јони) се измешаат на 20 °C, определи дали ќе се формира тешкорастворлив талог од  $\text{CaSO}_4$ .  $K_{sp} (\text{CaSO}_4) = 3.6 \times 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

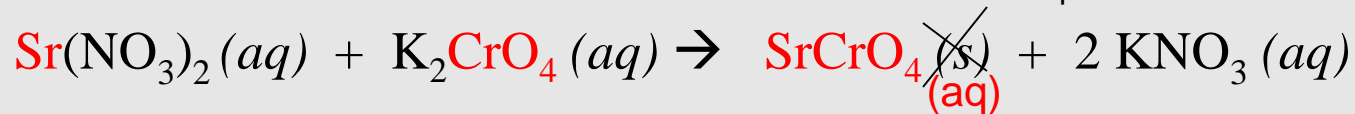


**Помош за задача бр.2.** Прво пресметај ги моларните концентрации на  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  + после мешањето во вкупниот волумен, па потоа помножи ги тие вредности и Види дали нивниот производ ќе биде поголем од  $K_{sp}$  или не

### ВАЖНО ДА СЕ ЗАПАМТИ!!!

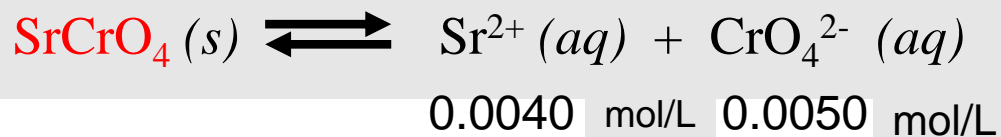
- Доколку  $S = K_{sp}$ , тогаш растворот е на граница на заситување и може, а може и не, да се формира талог.
- доколку  $S < K_{sp}$ , тогаш РАСТВОРОТ НЕ Е ЗАСИТЕН и НЕМА ДА СЕ ФОРМИРА ТАЛОГ од тешкорастворливото соединение
- доколку  $S > K_{sp}$ , тогаш јоните во растворот се во доволно висока концентрација и ќе се формира талог од тешкорастворливото соединение
- $S$  е знаеме (како што дефиниравме) симбол за
- РАСТВОРЛИВОСТ во mol/L и е производ од
- Моларните концентрации на јоните што треба да
- Формираат тешкорастворливо соединение (талог)

**пример:** студент измешал 0.200 L раствор од 0.0060 mol/L  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  со 0.100 L раствор од 0.015 mol/L  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  и дополнил со вода до КРАЕН ВОЛУМЕН од 0.300 L. Пресметај дали ќе се формира талог од  $\text{SrCrO}_4$ ?  $K_{sp} \text{SrCrO}_4 = 3.6 \times 10^{-5}$



$$[\text{Sr}^{2+}] = \frac{(0.200 \text{ L})(0.0060 \text{ mol/L})}{(0.300 \text{ L})} = 0.0040 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \frac{(0.100 \text{ L})(0.015 \text{ mol/L})}{(0.300 \text{ L})} = 0.0050 \text{ mol/L}$$



$$\begin{aligned} S &= [\text{Sr}^{2+}]_i [\text{CrO}_4^{2-}]_i = (0.0040)(0.0050) \\ &= 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \end{aligned}$$

Се добива дека производот од моларните концентрации на јоните **S** е  $(2.0 \times 10^{-5}) < K_{sp} (3.6 \times 10^{-5})$  што индицира дека НЕМА ДА се формира талог

Се враќаме на почеток  $\text{BaSO}_4$  е **ТОКСИЧЕН!!!**

$K_{sp}$  на  $\text{BaSO}_4$  е  $1.1 \times 10^{-10}$ .

Разбравме ли сега **ЗОШТО** пациентите  
може да го примат интравенски  
**ТОКСИЧНИОТ  $\text{BaSO}_4$  БЕЗ** притоа да бидат  
затруени?



**BaSO<sub>4</sub> е ТОКСИЧЕН!!!**

**$K_{sp}$  на BaSO<sub>4</sub> е  $1.1 \times 10^{-10}$ . mol<sup>2</sup>/L<sup>2</sup>**

**Разбравме ли сега ЗОШТО пациентите може да го примат интравенски ТОКСИЧНИОТ BaSO<sub>4</sub> БЕЗ притоа да бидат затруени?**

**BaSO<sub>4</sub> НЕМА ДА е токсичен бидејќи САМО МАЛКУ ќе се раствори и нема да имаме токсични јони што ќе ни предизвикаат штета при негова орална администрација.**







# LITERATURE relevant to Cathodic Stripping Voltammetry

1. V. Mirceski, S Komorsky Lovric, M. Lovric, Square-wave voltammetry, Theory and Application, 2007.
2. **R. Gulaboski** and L. Mihajlov, "Catalytic mechanism in successive two-step protein-film voltammetry—Theoretical study in square-wave voltammetry", ***Biophys. Chem.*** 155 (2011) 1-9.
3. **R. Gulaboski**, M. Lovric, V. Mirceski, I. Bogeski and M. Hoth, Protein-film voltammetry: a theoretical study of the temperature effect using square-wave voltammetry., ***Biophys. Chem.*** 137 (2008) 49-55.
4. **R. Gulaboski**, Surface ECE mechanism in protein film voltammetry—a theoretical study under conditions of square-wave voltammetry, ***J. Solid State Electrochem.*** 13 (2009) 1015-1024.
5. Scholz, F.; Schroeder U.; **Gulaboski R**, *Electrochemistry of Immobilized Particles and Droplets*, Springer Verlag, New York, pp. 1-269, 2005
6. **Gulaboski, R.** Pereira, C. M. In *Electrochemical Methods and Instrumentation in Food Analysis*, in *Handbook of Food Analysis Instruments*, Otles, S. (ed.) Taylor & Francis, 2008 and 2015 2<sup>nd</sup> Edition
7. **R. Gulaboski**, Theoretical contribution towards understanding specific behaviour of “simple” protein-film reactions in square-wave voltammetry”, ***Electroanalysis***, 31 (2019) 545-553
8. **R. Gulaboski**, P. Kokoskarova, S. Petkovska, Time independent methodology to assess Michaelis Menten constant by exploring electrochemical-catalytic mechanism in protein-film cyclic staircase voltammetry, ***Croat. Chem. Acta***, 91 (2018) 377-382.
9. V. Mirceski, D. Guziejewski, L. Stojanov, **R. Gulaboski**, Differential Square-Wave Voltammetry, ***Analytical Chemistry*** (2019) <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.analchem.9b03035>.
10. Scholz, F, Schroeder U, **Gulaboski R**, A Domenech-Carbo, *Electrochemistry of Immobilized Particles and Droplets, Experiments with Three-phase Electrode*, Springer Verlag, New York, pp. 2<sup>nd</sup> Edition, 2015

11. **R. Gulaboski**, V. Mirceski, R. Kappl, M. Hoth, M. Bozem, "Quantification of Hydrogen Peroxide by Electrochemical Methods and Electron Spin Resonance Spectroscopy" ***Journal of Electrochemical Society***, 166 (2019) G82-G101.
12. **Rubin Gulaboski**, Valentin Mirceski, Milivoj Lovric, Square-wave protein-film voltammetry: new insights in the enzymatic electrode processes coupled with chemical reactions, ***Journal of Solid State Electrochemistry***, 23 (2019) 2493-2506.
13. Milkica Janeva, Pavlinka Kokoskarova, Viktorija Maksimova, **Rubin Gulaboski**, Square-wave voltammetry of two-step surface redox mechanisms coupled with chemical reactions-a theoretical overview, ***Electroanalysis***, 31 (2019) 1488-1506
14. **Gulaboski Rubin**, Milkica Janeva, Viktorija Maksimova, "New Aspects of Protein-film Voltammetry of Redox Enzymes Coupled to Follow-up Reversible Chemical Reaction in Square-wave Voltammetry", ***Electroanalysis***, 31 (2019) 946-956 .
15. P. Kokoskarova, M. Janeva, V. Maksimova, **R. Gulaboski**, "Protein-film Voltammetry of Two-step Electrode Enzymatic Reactions Coupled with an Irreversible Chemical Reaction of a Final Product-a Theoretical Study in Square-wave Voltammetry", ***Electroanalysis*** 31 (2019) 1454-1464.
16. P. Kokoskarova, **R. Gulaboski**, Theoretical Aspects of a Surface Electrode Reaction Coupled with Preceding and Regenerative Chemical Steps: Square-wave Voltammetry of a Surface CEC' Mechanism, ***Electroanalysis*** (2019)[doi.org/10.1002/elan.201900491](https://doi.org/10.1002/elan.201900491)  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/elan.201900491>

17. V. Mirceski, D. Guzijewski and **R. Gulaboski**, Electrode kinetics from a single square-wave voltammograms, ***Maced. J. Chem. Chem. Eng.*** 34 (2015) 1-12.

18. **R. Gulaboski** and V. Mirceski, New aspects of the electrochemical-catalytic (EC') mechanism in square-wave voltammetry, ***Electrochim. Acta***, 167 (2015) 219-225.

19. V. Mirceski, A. Aleksovska, B. Pejova, V. Ivanovski, B. Mitrova, N. Mitreska and **R. Gulaboski**, Thiol anchoring and catalysis of Gold nanoparticles at the liquid-liquid interface of thin-organic film modified electrodes", ***Electrochem Commun.*** 39 (2014) 5-8

20. V. Mirceski, Valentin and **R. Gulaboski**, *Recent achievements in square-wave voltammetry (a review)*. ***Maced. J. Chem. Chem. Eng.*** 33 (2014) 1-12.

21. V. Mirceski, **R. Gulaboski**, M. Lovric, I. Bogeski, R. Kappl and M. Hoth, Square-Wave Voltammetry: A Review on the Recent Progress, ***Electroanal.*** 25 (2013) 2411–2422.

22. V. Mirčeski and **R. Gulaboski**, “A Theoretical and Experimental Study of Two-Step Quasireversible Surface Reaction by Square-Wave Voltammetry” ***Croat. Chem. Acta*** 76 (2003) 37-48.

23. V. Mirčeski, **R. Gulaboski** and F. Scholz, “Determination of the standard Gibbs energies of transfer of cations across the nitrobenzene|water interface utilizing the reduction of Iodine in an immobilized droplet” ***Electrochem. Commun.***, 4 (2002) 814-819.

24. **R. Gulaboski**, F. Borges, C. M. Pereira, M. N. D. S. Cordeiro, J. Garrido and A. F. Silva, Voltammetric insights in the transfer of ionizable drugs across biomimetic membranes: recent achievements, ***Comb. Chem. High Throughput Screen.*** 10 (2007) 514-526.